

SEMICONDUCTOR FLAME SENSOR

Publication number: JP11153483

Publication date: 1999-06-08

Inventor: HIRANO HIKARI; AMANO HIROSHI; AKASAKI ISAMU;
CYRIL PELNO

Applicant: OSAKA GAS CO LTD

Classification:

- international: G01J1/02; G01J1/42; G01J1/02; G01J1/42; (IPC1-7):
G01J1/42; G01J1/02

- european:

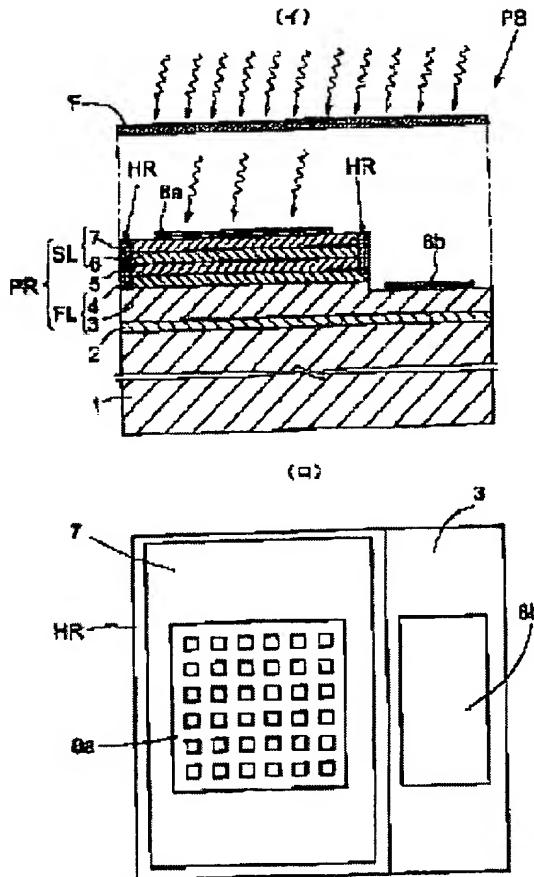
Application number: JP19970321156 19971121

Priority number(s): JP19970321156 19971121

[Report a data error here](#)

Abstract of JP11153483

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor flame sensor which efficiently detects light of 300 nm or less while not detecting light in wavelength ranges greater than 300 nm. **SOLUTION:** In a semiconductor flame sensor PS having a light receiving part PR constructed of at least one or more semiconductor layers FL, SL and a filter placed on the sides of the semiconductor layers FL, SL where the light receiving part PR receives incident light, the semiconductor layers FL, SL are made from a material of the type $InyAlxGa1-x-yN$ ($x \geq 0, y \geq 0$), and the quantum efficiency of the light receiving part PR is 1% or more, either when the wavelength of the light received by the light receiving part PR is not more than 300 nm or only in a part of that wavelength range. The filter such that when the transmission factor of the filter is expressed as the function of the wavelength of the light applied, the transmission factor exceeds 30% at a wavelength of 280 nm is used.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-153483

(43)公開日 平成11年(1999)6月8日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 1 J 1/42
1/02

識別記号

F I

C 0 1 J 1/42
1/02

C
B

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-321156

(22)出願日 平成9年(1997)11月21日

(71)出願人 000000284

大阪瓦斯株式会社

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

(72)発明者 平野 光

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

大阪瓦斯株式会社内

(72)発明者 天野 浩

愛知県名古屋市天白区塩釜口1-501名

城大学理工学部電気電子工学科内

(72)発明者 赤崎 勇

愛知県名古屋市天白区塩釜口1-501名

城大学理工学部電気電子工学科内

(74)代理人 弁理士 北村 修一郎

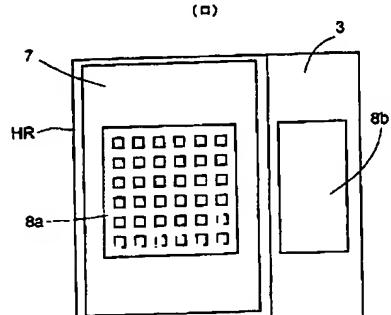
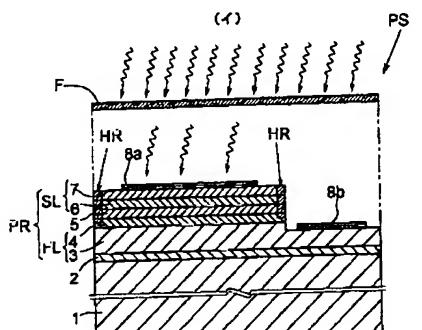
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体火炎センサ

(57)【要約】

【課題】300 nmより大の波長領域の光を感知しない状態で、300 nm以下の光を効率的に感知する半導体火炎センサを提供する。

【解決手段】少なくとも一層以上の半導体層により構成される受光部と、半導体層の受光部の入射光側に配置されたフィルタを備える半導体火炎センサにおいて、半導体層が、 $In_x Al_x Ga_{1-x-y} N$ ($x \geq 0, y \geq 0$) 系の材料で成り、受光部が受ける光の波長が300 nm以下、あるいはその一部の波長領域においてのみ受光部の量子効率が1%以上となるように構成され、フィルタの透過率を照射される光の波長の関数としてあらわした際に波長が280 nmにおいて透過率が30%を超えるフィルタを利用する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも一層以上の半導体層により構成される受光部と、前記半導体層の受光部の入射光側に配置されたフィルタ手段を備える半導体火炎センサにおいて、前記半導体層が、 $In_x Al_x Ga_{1-x-y} N$ ($x \geq 0, y \geq 0$) 系の材料で成り、前記受光部の量子効率が、300 nm 以下あるいはその一部の波長領域の光に対してのみ 1% 以上となるように構成され、前記フィルタ手段の透過率を照射される光の波長の関数としてあらわした際に前記波長が 280 nm において前記透過率が 30% を超える半導体火炎センサ。

【請求項2】少なくとも一層以上の半導体層により構成される受光部と、前記半導体層の受光部の入射光側に配置されたフィルタ手段を備える半導体火炎センサにおいて、

前記半導体層が、 $In_x Al_x Ga_{1-x-y} N$ ($x \geq 0, y \geq 0$) 系の材料で成り、前記受光部の量子効率が、300 nm 以下あるいはその一部の波長領域の光に対してのみ 1% 以上となるように構成され、前記フィルタ手段の主な透過領域が 290 nm から 360 nm の間に存在し、600 nm 以下における透過率の長波長端が 425 nm 以下の領域に存在する半導体火炎センサ。

【請求項3】前記フィルタ手段の前記透過率が、280 nm から 300 nm の波長領域において、30% を超える請求項1 または 2 に記載の半導体火炎センサ。

【請求項4】前記フィルタ手段の前記透過率が、280 nm から 300 nm の波長領域において、80% を超える請求項1 から 3 のいずれかに記載の半導体火炎センサ。

【請求項5】前記フィルタ手段の前記透過率が、400 nm から 700 nm の波長領域において、30% 以下である請求項1 から 4 のいずれかに記載の半導体火炎センサ。

【請求項6】前記フィルタ手段の前記透過率が、425 nm から 660 nm までの波長領域において、1% 以下である請求項1 から 5 のいずれかに記載の半導体火炎センサ。

【請求項7】前記フィルタ手段の前記透過率が、300 nm から 350 nm までの波長領域において、40% を超える領域を有する請求項1 から 6 のいずれかに記載の半導体火炎センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、少なくとも一層以上の半導体層により構成される受光部と、前記半導体層の受光部の入射光側に配置されたフィルタ手段を備える半導体火炎センサに関する。

【0002】

【従来の技術】主にガスよりの火炎を検出するために利用される火炎センサは、太陽光や照明器具よりの光に対

しては反応せず、ガスの火炎が放射する光を感知する必要がある。従って、火炎センサを設計する際に、火炎センサ自体の異なる波長に対する感度と、感知すべき火炎より放射される光の波長分布に加え、太陽光や照明器具よりの室内光等のノイズ光の波長分布を考慮する必要がある。

【0003】図3では、太陽光と、室内照明器具よりの室内光と、ガスの火炎よりの光の異なる波長における相対強度が示されている。ここで注目すべき点は、長波長領域においては太陽光と室内光の相対強度はガスの火炎の光の相対強度よりも大きく、したがって、300 nm より大の波長領域の光を感知することによりガスの火炎を検出しようとすると太陽光あるいは室内光などのノイズ光と、ガスの火炎よりの光との区別が困難となり、正確な火炎の検出は難しい。

【0004】ところが、波長が 300 nm 以下の領域では、太陽光あるいは室内光の相対強度が比較的小さくなり、ガスの火炎の検出において好ましい条件となる。更に、波長が 280 nm 以下の領域では、ガスの火炎の光の強度の局所的最大値 A が 280 nm 付近に存在することに加え、太陽光の相対強度が更に小さくなり火炎の検出には更に都合が良い。従って、ガスの火炎を検出するには 300 nm あるいは 280 nm 以下の波長を有する光を検出することが好ましいのであるが、従来の火炎センサ、特に小型化が簡単で、光電変換効率が高いなどの優れた点を有する半導体火炎センサ（例えば、GaN や GaP を用いたもの）は波長が、上記のノイズ光の相対強度が大きい、300 nm から約 360 nm の光に対する感度を有するという問題があった。従って、従来の半導体火炎センサでは、このような波長領域の光を遮断するためにフィルタが用いられていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、300 nm より大の波長を有する光を効率的に遮断し、火炎の検出に有用である 300 nm 以下の波長のみを透過するフィルターでは、図4に示されるとおり、300 nm 以下の波長領域の光に対しても透過率は最大約 40% と決して高いとは言えないものとなってしまう。更に、300 nm より大の波長を有する光を遮断するために、透過率の最大値が位置する波長が火炎の光の局所的最大値が存在する 280 nm より小さい側にずらされている点である。すなわち、波長が 300 nm より大のノイズとなる光を遮断するためのフィルタを用いると、火炎の検出に利用価値の高い 250 nm から 300 nm の波長の光も犠牲にしてしまうという問題があった。

【0006】特に、280 nm 近傍には強い火炎発光 A があるが、従来のフィルターでは、この部分をほとんど犠牲にしてしまうので、信号として有効利用されるのは火炎発光のわずかの部分であり、このような火炎センサでは、火炎よりの光エネルギーを信号に変換する効率

(量子効率)は非常に悪いものであり、この点において改良の余地があった。本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであって、その目的は半導体火炎センサの効率を上げることにより、より精度の高い火炎センサを提供することにある。

【0007】また、半導体火炎センサの半導体層の受光部を300nm以下の領域、あるいはその一部の領域においてのみ光感度を有するように構成できれば、例えば300nmより大で、300nm近傍の波長領域の光をフィルタにより除去する必要がなくなり、例えば250nmから300nmの波長領域においても透過効率の比較的高いフィルタを利用でき、火炎センサ全体の精度も高くなる。ところが、このような半導体層においてもその結晶の歪みなどの欠陥に起因して、図6(口)に示される通り、主に420nm近傍の波長領域と580nm近傍の波長領域において量子効率の値が小さいながらも局所的最大値を有することを避けることが難しい。従つて、本発明の更なる目的は、フィルタにより300nm以下の領域の波長を有する光に対して高い透過率を維持しながら、420nm近傍の波長領域と580nm近傍の波長領域の光をできるだけ削除することにより、ノイズ光に起因する信号を少なくし、火炎センサの精度を高めることにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明による半導体火炎センサは、少なくとも一層以上の半導体層により構成される受光部と、前記半導体層の受光部の入射光側に配置されたフィルタ手段を備える半導体火炎センサにおいて、前記半導体層が、 $In_y Al_{1-x-y} Ga_{1-x-y}$ N ($x \geq 0, y \geq 0$) 系の材料で構成し、前記受光部の量子効率が、300nm以下あるいはその一部の波長領域の光に対してのみ1%以上となるように構成され、前記フィルタ手段の透過率を照射される光の波長の関数としてあらわした際に前記波長が280nmにおいて前記透過率が30%を超えることを特徴としている。

【0009】すなわち、受光部の半導体層に上記の材料を利用することにより、300nm以下の一領域においてのみ前記受光部の検出感度のが1%以上となるようにすることができ、フィルタ手段によりノイズ光の相対強度が高い300nmより大の光を遮断する必要が無くなったのである。この事により、使用するフィルタ手段に厳しい透過特性を課す必要がなくなり、280nmにおいて前記透過率が30%を超えるフィルタ手段を利用することが可能となったのである。

【0010】この結果、300nmより大の光に対しても感度を有する受光部を有する半導体火炎センサと比較し、火炎よりの光の強度の局所的最高値付近(280nm)の光を効率的に受光することが可能となり、より精度の高い火炎センサを提供することができる。本発明の

好適な実施形態において、前記フィルタ手段の前記透過率が、280nmから300nmの領域において、30%を超えるものを利用することが望ましく、更には80%を超えるものを利用することが望ましい。このように280nmから300nmの波長領域においてフィルタの透過率が30%、あるいは80%のものを利用すると、この波長領域において火炎よりの光を高い効率で検出に利用することが可能であるため、火炎センサの精度を更に高めることが可能となる。

【0011】本発明の好適な実施形態において、前記フィルタ手段の前記透過率が、400nmから700nmの波長領域において、30%以下であること、更に好適には前記フィルタ手段の前記透過率が、425nmから660nmまでの波長領域において、1%以下であることが望ましい。これは、図6(口)で示されるとおり、半導体火炎センサの受光部の半導体層を $In_y Al_x Ga_{1-x-y}$ N ($x \geq 0, y \geq 0$) 系の材料で構成し、前記受光部が受ける光の波長が300nm以下の一部の波長領域においてのみ前記受光部の検出感度(量子効率)が1%以上となるようにしても、受光部の量子効率が420nmの領域と、580nmの領域において0.005%以下ではあるが、局所的最大値を有し、ここでノイズ光を検出してしまうので、この波長領域の光の受光部への透過を極力少なくすることにより、ノイズ光の信号への貢献を極力小さくし、半導体火炎センサの精度を上げることが可能となる。

【0012】更に本発明による半導体層を有する受光部に対して、フィルタ手段の透過率が例えば300nmから350nmまでの波長領域において、40%を超える領域を有するものを利用することも可能となり、その分、フィルタ手段として300nm以下の領域において透過率が高いものを使用することが可能となった。また、少なくとも一層以上の半導体層により構成される受光部と、前記半導体層の受光部の入射光側に配置されたフィルタ手段を備える半導体火炎センサにおいて、前記半導体層が、 $In_y Al_x Ga_{1-x-y}$ N ($x \geq 0, y \geq 0$) 系の材料で構成され、前記受光部の量子効率が、300nm以下あるいはその一部の波長領域の光に対してのみ1%以上となるように構成され、前記フィルタ手段の主な透過領域が290nmから360nmの間に存在し、600nm以下における透過率の長波長端が425nm以下の領域に存在するようにすると、420nmの領域と、580nmの領域の光の受光を効率的に少なくしながら、300nm以下の領域の光に対して透過率の高いフィルタ手段を利用ることができ、結果として精度の高い火炎センサを提供することができる。本発明のその他の特徴と利点は以下図面を用いた実施の形態の説明で明らかになるであろう。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の半導体火炎センサ

の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1では後に詳しく説明される半導体センサPSの構造が示されている。半導体センサPSは大まかには火炎よりの光を受ける受光部PRと、受光部PRの入射光側に配置され、受光部PRを覆っているフィルタFにより構成される。図6は、後に説明される構造を有する半導体センサPSの感度を表す量子効率と呼ばれる光電変換効率を、照射される光の波長の関数として示したグラフでありこれを量子効率の波長分布と呼ぶ。図6(イ)と(ロ)は同じものを示すグラフであるが、(ロ)のグラフでは、CとDで示される420nm付近(420±30nm)と580nm付近(580±120nm)においても0.05%以下ではあるが半導体センサPSの量子効率に局所最大値があることを示すために、縦軸は(イ)のそれと比較し大幅に拡大してある。

【0014】先ず、図6(イ)で注目すべき点は、グラフのBの部分において200nmから270nmの波長領域では、徐々に量子効率は上昇しているものの、約50%付近でほぼ一定の値を保っており、その後量子効率は270nm付近において急激に減少し始め、約280nmの波長では0.005%以下となっている。量子効率の最大値の長波長側で、量子効率が1%以下になる点を光吸収端と定義すると、後に詳しく説明される通り、長波長端の値は半導体の組成比を変化させることにより変えることが可能であり、これを280nmあるいは300nmにすることは当業者にとって容易に行なうことが可能である。

【0015】また、CとDで示される局所的最大値は、半導体層の結晶の歪みなどの欠陥が原因であり、これらの波長領域周辺のノイズ光である太陽光や室内光の相対強度が比較的大きいため、フィルタにより420nm近傍の波長領域と580nm近傍の波長領域の光をできるだけ削除することにより、ノイズ光に起因する信号を少なくすることが望ましい。図7では、この目的に利用できるフィルタの例としてHOYA製のU-330、U-340、U-350、U-360の透過効率の波長分布が示されている。これらのフィルタの全てにおいて図7の波長分布の約200nmから約400nmの波長領域に透過率の最大値が位置しており、約700nmから約750nmの波長領域にも局所的最大値が位置していることが分かる。後に説明される半導体層を有する受光部PRでは、約700nmから約750nmの波長領域における量子効率は無視できる値であるので、これらのフィルタによりこの波長領域の光を遮断する必要は無い。

【0016】ここでU-330とU-340に注目してみると、このいずれのフィルタにおいても280nmの波長において透過率が30%を超えており、U-330では、270nmから370nmまでの波長領域を含む領域で透過率が50%を超える波長領域として定義され

る主な透過領域が存在し、U-340の場合、主な透過領域は290nmから360nmの波長領域に渡っている。更に、U-340では280nmから300nmの波長領域において、透過率は30%を超える。U-330では280nmから300nmの波長領域において、透過率は80%を超えており、400nmから700nmの波長領域においては、30%以下である。U-340では400nmから700nmの波長領域においては、透過率1%以下である。更に、U-330とU-340の両方のフィルタの透過率は300nmから350nmまでの波長領域において40%を超えており、425nmから660nmまでの波長領域において1%以下である。

【0017】また、これらU-330～U-360の600nm以下の部分に注目すると、300nmから370nmの間にそれぞれの透過率の最大値がある。それぞれの最大値の短波長側に位置し、透過率が1%以下になる部分を短波長端とし、それぞれの最大値の長波長側に位置し、透過率が1%以下になる部分を長波長端とする。U-330の短波長端は210nm以上の波長領域に存在し、長波長端は425nm以下の領域に存在する。一方U-340の短波長端は260nm以上の波長領域に存在し、長波長端は400nm以下の領域に存在する。

【0018】図8は図6で示される量子効率を有する半導体層の受光部PRとU-330をフィルタFとして組み合わせた半導体火炎センサの量子効率を照射される光の波長の関数として示した図である。これに対し、受光部PRと、300nmより大の波長の光を効率的に除去するため、図4で示される透過率の波長分布を有するフィルタを組み合わせた場合には、量子効率の波長分布は図5で示されるようなものになってしまう。これらの図を比較すると明確である通り、300nmより大の波長領域でノイズ光の検出を無視できるレベルまで下げるためのフィルタを利用すると、同時に300nm以下の領域においても火炎センサの量子効率が20%まで下がってしまうのである。

【0019】反対に、図8で示される通り、例えば図6で示される量子効率を有する半導体層の受光部PRとU-330をフィルタFとして組み合わせた半導体火炎センサの量子効率を見ると、420nm近傍の波長領域と580nm近傍の波長領域の光を削除しながら、最大値で40%を超える量子効率を有する半導体火炎センサPSを得ることができる。次に、本発明による半導体火炎センサPSの構造を図1を使って説明する。本実施の形態の説明においては、半導体層がPIN接合型フォトダイオードあるいはAPD(アバランシェフォトダイオード)形式である例をもじいて説明するが、In_yAl_xGa_{1-x-y}N(x≥0, y≥0)系の材料で成り、前記受光部が受ける光の波長が300nm以下の領域、ある

いはその一部の波長領域においてのみ前記受光部の量子効率が1%以上となるように構成されれば、他の構造を有する半導体層を有するものを利用しても良い。

【0020】半導体火炎センサP Sは、図1に示すように、単結晶基板であるサファイア基板1上にA I N緩衝層2、 n^+ In_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜3、 n^- In_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜4、高抵抗のIn_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜5、 p^- In_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜6、 p^+ In_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜7を積層し、 n^+ In_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜3上と p^+ In_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜7上とに一対の電極8a、8bが形成され、更に、上記各層の周部に高抵抗領域H Rが形成されて構成される。

【0021】すなわち、第1導電型の半導体層F Lとしての n^+ In_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜3及び n^- In_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜4と、第2導電型の半導体層S Lとしての p^- In_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜6及び p^+ In_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜7との間に、高抵抗のIn_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜5を形成して受光部P Rが構成され、第1導電型の半導体層F Lと第2導電型の半導体層S Lとの間に通電されるように一対の電極8a、8bが形成されている。

【0022】図1(口)に示されるとおり電極8aはメッシュ状であり、電極8bは矩形形状に形成してある。又、導電型の表記からも明らかのように、第1導電型の半導体層F L及び第2導電型の半導体層S Lの何れにおいても、キャリア濃度の異なる2層にて構成され、高抵抗のIn_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜5に近い層ほどキャリア濃度が低いものとなるように構成されている。このような素子構成においては、受光部P Rを構成する各層のうち、主に高抵抗のIn_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜5が入射光による電子正孔対の発生に寄与する。尚、半導体火炎センサは、PIN接合型フォトダイオードとして構成される場合と、いわゆるAPDとして構成される場合とがあるが、素子の構成として両者で異なるのは、上記の高抵抗のIn_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜5の層厚のみである。

【0023】上記構成の受光部P Rによる分光感度は、受光部P Rを構成するIn_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶のIII族元素の組成比によって規定される。具体的には、図2に示すInを含まないAl_x Ga_{1-x} NのバンドギャップとA I混晶比xとの関係のように、A I混晶比が大きくなるほどバンドギャップが広くなつて量子効率が1%以下である光吸収端が短波長側に移動する。Al_x Ga_{1-x} NのA Iの一部がInに置き代わる関係となるIn_y Al_x Ga_{1-x-y} Nの場合では、Inが、A I又はGaに置き変わる割合が大きくなるにつれてバンドギャップが狭くなり光吸収端が長波長側に移動する。

【0024】本発明では、半導体火炎センサを火炎センサとして用いるものとしており、上述のように、図3に

「ガスの火炎の光」として示すガスの炎から発する光のスペクトルを、同様に図3に示すノイズ光として作用する太陽光や室内光(蛍光灯の光)の影響を除外した状態で検出できるのが望ましい。

【0025】このため、光吸収端が300nm近傍以下となるようにするのが好適である。例えば、y=0としてInを含まないAl_x Ga_{1-x} Nの場合では、A I混晶比xを0.42乃至0.45の範囲で選択すれば、バンドギャップが概ね4.5eVとなり、量子効率の波長分布の光吸収端はおよそ275nmとなる。光吸収端を約300nmとするにはA I混晶比xを約0.33とする。y>0としてInを成分に含める場合は、それに応じてA I混晶比xを大きくし、ガリウムの割合を減じることで、上記のバンドギャップにことができる。あるいはバンドギャップを約4.1eVにすることで、光吸収端が300nmとなるように調節することが可能である。現実には、yの値として0≤y<0.5の範囲がよく利用される。又、A I混晶比xを大とし過ぎると、図3に示す「ガスの火炎の光」に対する感度も多少低下し、0≤x≤0.6の範囲とするのが望ましい。

【0026】次に、上記構成の半導体火炎センサP Sの製造方法について説明する。半導体火炎センサP Sを構成する各層は、ウェハ状態のサファイア基板1上に、MOCVD装置にて積層される。MOCVD装置は、反応室(成膜室)が常圧付近となる常圧型のものを使用する。上記各層の積層は、ウェハ状態のサファイア基板1を反応室(成膜室)にセットした状態で、サファイア基板1を加熱し、各構成元素の材料ガスの供給状態を順次切換えることにより、順次積層される。尚、サファイア基板1の基板温度は、A I N緩衝層2の成長時は400°C~600°Cとし、A I N緩衝層2上への上記各層の成長時は900°C~1100°C(最も好ましくは1050°C)とする。

【0027】材料ガスとしては、In、Al、Ga及びNの各構成元素は、夫々、TMIn(トリメチルインジウム)、TMA1(トリメチルアルミニウム)、TMGa(トリメチルガリウム)及びNH₃(アンモニア)として供給され、又、n型不純物としてSi、p型不純物としてMgが、夫々、SiH₄(シラン)、CP₂Mg(シクロペンタジマグネシウム)として適宜供給される。尚、p型不純物としてCaを用いる場合は、いわゆるイオニンプランテーションを用いる。

【0028】上記各層の積層において、A I N緩衝層2は約200Åの層厚に成長させ、 n^+ In_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜3はSiH₄ガスを流しながらキャリア濃度が約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ で約3μmの層厚に成長させ、 n^- In_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜4はSiH₄ガスを流しながらキャリア濃度が約 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ で約0.1μmの層厚に成長させる。これらの層の積層における他の成膜条件は公知の方法と同様である。尚、 n^+ In_y Al_x Ga_{1-x-y} N 単結晶膜5はSiH₄ガスを流しながら成長させる。

$\text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 単結晶膜3の層厚は2 μm 以上とすることが望ましく、本実施形態では上述の如く3 μm とする。

【0029】上記高抵抗の $\text{In}_x \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 単結晶膜5を積層する際においては、TMI n, TMA l, TM Ga及び NH_3 の材料供給量を、夫々、a (mol/sec), b (mol/sec), c (mol/sec) 及びX (mol/sec) とすると、V族元素のIII族元素に対する材料供給比率、すなわち、 $X/(a+b+c)$ が、5000以上となるように設定して成膜する。このような条件で成膜することにより、 $\text{In}_x \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 単結晶膜5は、キャリア濃度が $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以下の高抵抗の単結晶膜が得られ、具体例としては、 $x=0$, $y=0$ として GaN 単結晶膜を成膜した場合には、 $5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 以下のキャリア濃度のものが得られる。尚、高抵抗の $\text{In}_x \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 単結晶膜5を成膜する場合にも、必要に応じて、Si, Mg又はCaを不純物としてドーピングしてキャリア濃度を調整しても良い。尚、常圧型のMOCVD装置によって、上記の成膜条件として成膜することで極めて良好な特性のものが得られるのであるが、必ずしも常圧型に限られず、いわゆる減圧型のMOCVD装置を用いても良い。減圧型のVOCVD装置において、 $\text{In}_x \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 単結晶膜5の成膜時の圧力を $1/3 \sim 1/2$ 気圧程度とすると、V族元素のIII族元素に対する材料供給比率を上述のように高い値に容易に設定できる。

【0030】高抵抗の $\text{In}_x \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 単結晶膜5の層厚は、半導体火炎センサPSをPIN型受光素子とする場合は0.1 μm 、半導体火炎センサPSをAPDとする場合は0.5 μm とする。APDの場合に層厚を厚くしているのは、APDに高電圧を印加したときに、膜内の電界強度が過度に大きくならないようにするためにである。但し、高抵抗の $\text{In}_x \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 単結晶膜5の層厚を厚くし過ぎると、応答速度が低下するので留意する必要があるが、0.5 μm 程度では実用上十分な応答速度が得られる。

【0031】高抵抗の $\text{In}_x \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 単結晶膜5の成膜後に、 $p^- \text{In}_x \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 単結晶膜6は $\text{CP}_2 \text{Mg}$ を流しながらキャリア濃度が約 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ で約0.1 μm の層厚に成長させ、 $p^+ \text{In}_x \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 単結晶膜7は $\text{CP}_2 \text{Mg}$ を流しながらキャリア濃度が約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ で約0.3 μm の層厚に成長させる。上記各層の積層を終了した後、700°Cで10分間加熱して活性化処理を行い、更に、上述の高抵抗領域HRを形成するために高抵抗化処理を行う。この高抵抗化処理は、水素イオンを利用したイオンインプランテーションにより行い、ウェハーの厚さ方向視の図面である図3において斜線で示す領域IPに、ウェハーの厚さ方向に水素イオンを打ち込む。イオンの加速電圧は、打ち込み深さが、図1に示すように、 $n^- \text{In}_x \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 単結晶膜4に達する深さかあるいはそれより深いものとなるように設定する。

【0032】水素イオンを打ち込んだ部分を $n^+ \text{In}_x \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 単結晶膜3が露出する深さまで帯状にフォトエッ칭処理を行い、その帯状にエッ칭した部分に個々の半導体火炎センサPSに対応する状態で電極8bを形成すると共に、水素イオンを打ち込んでいない部分に電極8aを形成する。電極8aはNiとAuの2層構成で、 $p^+ \text{In}_x \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 単結晶膜7側をNiとし、一方、電極8bはTiとAlの2層構成で、 $n^+ \text{In}_x \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 単結晶膜3側をTiとして、夫々例えば電子ビーム蒸着等により積層した後、リフトオフ法や化学的エッ칭等により、図1(口)で示される通り、電極8aをメッシュ状に形成し、電極8bを矩形形状に形成する。電極8a, 8bの形成後、ダイシング等により個々の素子に素子分離する。電極8a, 8bの形成後により確実なオーミックコンタクトをとるために加熱処理を行っても良いが、この場合は、打ち込んだ水素イオンが加熱処理によって離脱することを考慮して、水素イオンの打ち込み量を多めに設定しておくことが望ましい。このように素子分離を行うことによって、図1(イ)に示すように、第1導電型の半導体層FL及び第2導電型の半導体層SLが露出する側面部分に、第1導電型の半導体層FLと第2導電型の半導体層SLとに亘る状態で、イオン打ち込みにより高抵抗化された高抵抗領域HRが備えられることになる。

【0033】以上のようにして作製された半導体火炎センサPSは、有効受光面積を 1 cm^2 に換算した場合に、暗電流が約 1 nA 程度のものが得られる。尚、上記高抵抗領域HRを備えずに、他の条件を同一条件とした場合は、暗電流が約 1 nA 以上となり、暗電流が大幅に改善されている。本実施形態では、U-330などのフィルタを利用したが、これらのフィルタと同様の透過率の波長分布を有するミラーを利用することも可能であり、フィルタとミラーを総称してフィルタ手段と呼ぶ。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態による半導体火炎センサを示す図

【図2】本発明の実施の形態による組成比とバンドギャップとの関係を示す図

【図3】ガスの火炎の光等の分光スペクトルを示す図

【図4】300 nm以上の波長の光を削除するために必要なフィルタの透過率の波長分布を示す図

【図5】図4で示される透過率を有するフィルタを利用した半導体火炎センサの量子効率の波長分布を示す図

【図6】本発明による半導体センサPSの受光部の量子効率の波長分布を示す図

【図7】本発明の実施形態において利用されるフィルタの透過率の波長分布を示す図

【図8】図7で示されるフィルタの一つを利用した半導

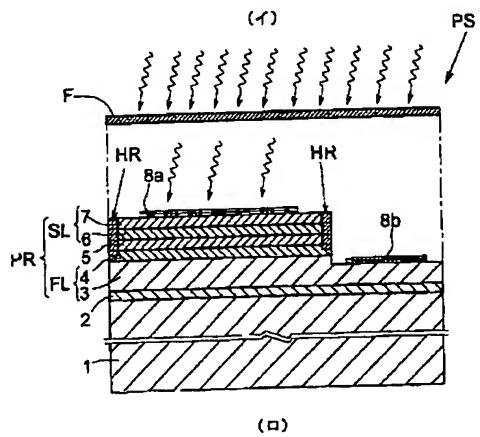
体火炎センサの量子効率の波長分布を示す図

【符号の説明】

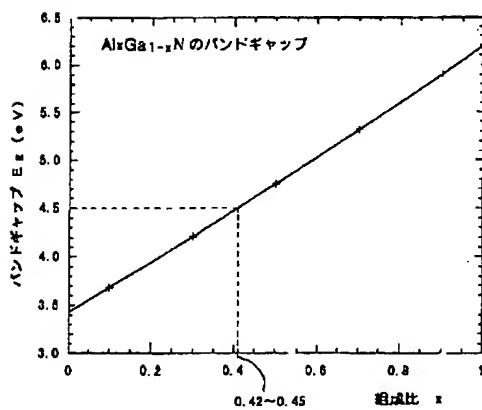
1 単結晶基板
 2 A 1 N 緩衝層
 5 高抵抗の $In_x Al_{1-x} N$ 単結晶膜
 8a, 8b 一対の電極

HR 高抵抗領域
 FL 第1導電型の半導体層
 PR 受光部
 PS 半導体火炎センサ
 SL 第2導電型の半導体層

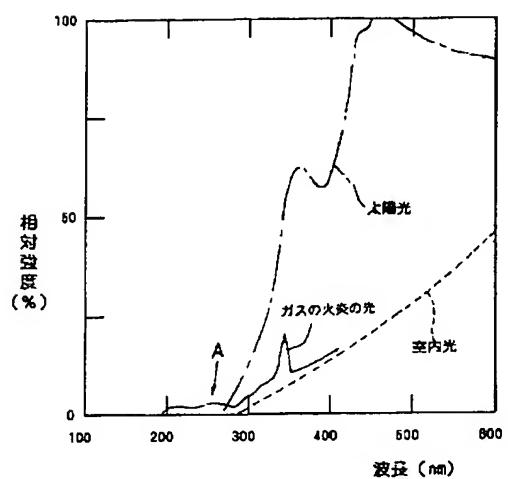
【図1】



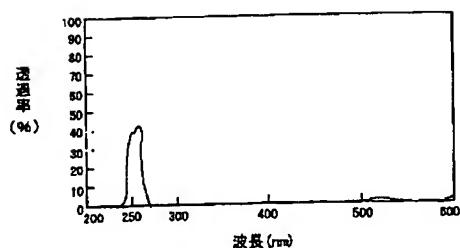
【図2】



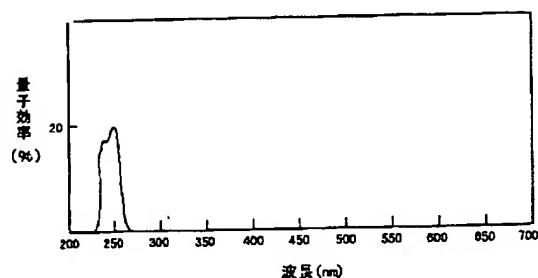
【図3】



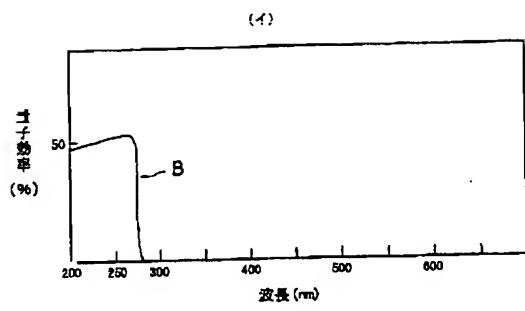
【図4】



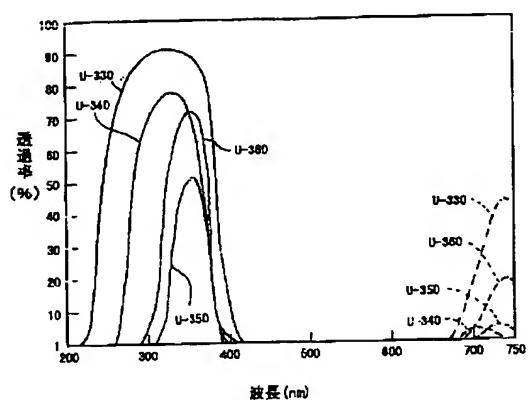
【図5】



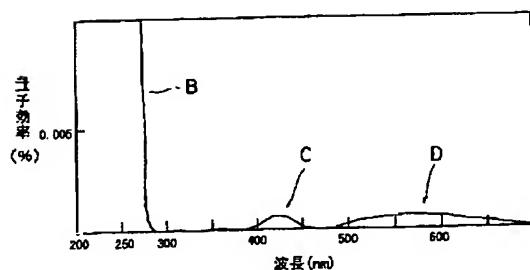
【図6】



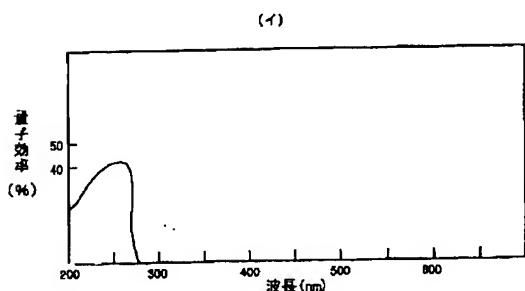
【図7】



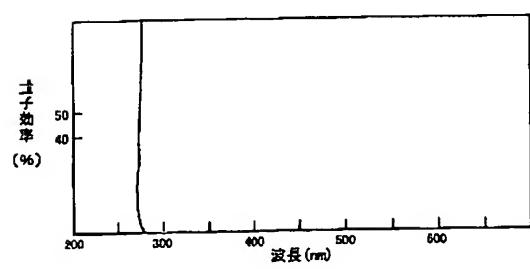
(ロ)



【図8】



(ロ)



フロントページの続き

(72)発明者 シリル ベルノー
京都府京都市下京区中堂寺南町17 株式会
社関西新技術研究所内